

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

О. В. ЛИТОШ, Є. І. ТРУШЛЯКОВ

**ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
ТА ПИТАННЯ ДО ЕКЗАМЕНУ З ДИСЦИПЛІНИ
"УСТАНОВКИ КОНДИЦІОНУВАННЯ"**

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв • НУК • 2019

УДК 629.048(076)

Л64

Автори:

О. В. Литош, канд. техн. наук, доцент;

Є. І. Трушляков, канд. техн. наук, професор НУК

Рецензент І. П. Єсін, канд. техн. наук, доцент

Рекомендовано Методичною радою НУК

Литош О. В.

Л64

Програма, методичні вказівки до виконання курсового проекту та питання до екзамену з дисципліни "Установки кондиціонування" / О. В. Литош, Є. І. Трушляков. – Миколаїв : НУК, 2019. – 36 с.

Наведені програма курсу, методичні вказівки до його вивчення та виконання, оформлення курсового проекту, а також основні питання до складання екзамену.

Призначено для студентів машинобудівного навчально-наукового інституту, які навчаються за спеціальністю 142 "Енергетичне машинобудування" спеціалізації "Холодильні машини і установки та системи кондиціонування" денної та заочної форми навчання та для студентів, які навчаються за спорідненими спеціальностями.

УДК 629.048(076)

© Литош О. В., Трушляков Є. І., 2019

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2019

1. ВСТУП

Навчальним планом для студентів-магістрантів денної форми навчання передбачено виконання курсового проекту, який включає розробки з питань головних розділів програми і повинен підтвердити достатню якість вивчення та засвоєння матеріалу дисципліни.

Метою вивчення дисципліни "Установки кондиціювання" є пізнання складу установки кондиціювання повітря та газодихальних сумішей, основ їх проектування, структури елементів та їх конструктивних розрахунків. На базі вивчення дисципліни студенти-магістранти спеціалізації "Холодильні машини і установки та системи кондиціювання" повинні підготуватися до виконання курсового проекту та атестаційної роботи з судових та стаціонарних апаратів, агрегатів та систем для комплексної обробки повітря, газодихальних сумішів (ГДС) і інертних газів, а також вміти використовувати одержані знання в професійній діяльності.

В процесі вивчення матеріалу студенти одержують уяву та знання сучасних та перспективних засобів комплексної обробки повітря, ГДС, інертних газів та установок, а також вивчають конструкції, розрахунки і основи проектування апаратів та агрегатів, які використовуються для цієї мети.

При засвоєнні матеріалу студенти повинні використовувати знання, одержані при вивченні дисциплін "Теоретичні основи кондиціювання", "Кондиціонуюча техніка та технологія", "Математичні методи та моделі в розрахунках на ЕОМ" та інші.

У списку рекомендованої літератури наведені підручники та допоміжна література, які можуть бути використані для вивчення окремих тем курсу, при рішенні практичних завдань, в тому числі при виконанні курсового проекту та магістерської роботи.

Мета вивчення дисципліни – пізнання складу установки кондиціонування повітря та газодихальних сумішей, основ їх проектування, структури елементів та їх конструктивних розрахунків.

Завдання дисципліни – на базі вивчення дисципліни студенти повинні підготуватися до виконання курсового проєкту та відповідних розділів атестаційної дипломної роботи, а також рішення конкретних інженерних задач по розробці установок кондиціонування.

Після вивчення дисципліни студент повинен:

ЗНАТИ – фізіологічні та санітарно-гігієнічні основи екології та комфортного кондиціонування повітря та газодихальних сумішей; особливості технологічних схем установок; характеристики та конструктивну будову установок; сутність та основні закономірності тепломасо-обмінних процесів в апаратах кондиціонування; теоретичні основи теплотехнічних, аеродинамічних та гідравлічних розрахунків та їх елементів.

УМІТИ – визначати раціональні технологічні схеми установок кондиціонування, виконувати розрахунки теплових та вологісних навантажень на суднові приміщення, конструювати установки з урахування вітчизняних та закордонних аналогів; виконувати розрахунки газорозподільників та газорозподілення; визначати характеристики та підбір допоміжного обладнання.

МАТИ УЯВЛЕННЯ – про основні проблеми розробки ефективних Установок кондиціонування з низькою металоємкістю та з використанням енергозберігаючих технологій.

2. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Розподіл навчальних годин за формами навчання та видами навчальних занять відповідно до навчального плану здійснено таким чином:

Таблиця 1

Форма навчання	Семестр	Всього годин/зліткових кредитів	Розподіл за видами занять				Форма підсумкового контролю
			Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	СРС	
Денна	9	300/10	15	–	–	75	екзамен курсний проект
	10		30	15	15	150	
Заочна	10	300/10	10	–	–	80	екзамен курсний проект
	11		10	8	8	184	

3. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Лекції

Модуль 1. Основи кондиціювання. Засоби обробки повітря та процеси тепловологісної обробки повітря. Технологічні схеми.

Змістовий модуль 1. Вступ. Характеристика засобів обробки повітря та санітарно-гігієнічні основи кондиціювання.

Тема 1.1. Основні поняття. Класифікаційна схема понять засобів обробки повітря.

Лекція № 1. (2 год.) Вступ. Мета та задачі курсу. Класифікаційна схема понять про засоби та процеси обробки в системах комфортного та технологічного призначення.

Джерела інформації: [1]: § 1.1.

Тема 1.2. Приклади блок-схем технологічного та комфортного кондиціювання.

Лекція №2. (2 год.) Схема комфортного кондиціювання для повітря та суден з герметизацією. Схема комфортного кондиціювання для ГДС барокомплексів та рятувальних човнів.

Джерела інформації: [1], § 1.2.; [9]

Тема 1.3. Приклади технологічних блок-схем технічного кондиціювання повітря. Санітарно-гігієнічні нормативи до повітряного середовища.

Лекція №3. (2 год.) Схема суднової рефрижерації та технологічного кондиціювання інертних газів.

Джерела інформації: [1], § 1.3.; [9]

Лекція № 4 (2 год.) Основи екології та кондиціювання. Адаптація людини. Критерії комфорту. Використання ДГС під тиском.

Джерела інформації: [1], § 2.1-§ 2.3.

Змістовий модуль 2. Процеси тепловологісної обробки повітря та технологічні схеми

Тема 2.1. Теплообмін газ-вода. Основні рівняння, засоби зволоження та осушення.

Лекція № 5 (2 год.). Основні рівняння тепломасообміну між водою та повітрям . Аналіз процесів. Процеси осушення та зволоження повітря.

Джерела інформації: [1], § 3.3.

Тема 2.2. Схеми та цикли літнього та зимового кондиціювання.

Лекція № 6 (2 год.). Схеми літнього кондиціювання та процеси на d,I діаграмі.

Джерела інформації: [1], § 5.1- § 5-3.

Лекція № 7 (2 год.). Схеми та процеси зимового кондиціювання повітря на d,I діаграмі.

Джерела інформації: [1], § 5.1- § 5-3.

Тема 2.3. Схеми кондиціювання з регенерацією та у системах технічного кондиціювання.

Лекція № 8 (2 год.). Схеми та процеси з регенерацією повітря та ДГС їх особливості.

Джерела інформації: [1], § 5.1, § 5.5.

Лекція № 9 (2 год.). Схеми та процеси обробки повітря та інертних газів в системах технічного кондиціювання та інертних газів.

Джерела інформації: [1], § 1.3, § 5.6.; [9]

Модуль 2. Теплообмінні процеси у апаратах. Конструктивна будова систем та розрахунок суднових систем. Компонівка кондиціонерів.

Змістовий модуль 3. Конструктивна будова систем та обладнання. Розрахунок суднових систем.

Тема 3.1. Вимоги до суднових систем кондиціювання.

Лекція № 10 (2 год.). Класифікація та вимоги до судно-

вих систем та їх обладнання. Особливості виконання обладнання суднових систем.

Джерела інформації: [1], § 6.2, [2], § 14.

Тема 3.2. Схема найбільш поширених систем та побудова.

Лекція № 11 (2 год.). Схеми найбільш поширених систем комфортного та технологічного призначення. Характеристика схем та обладнання.

Джерела інформації: [1], § 6.3, § 6.4.; [9]

Тема 3.3. Повітророзподілення. Послідовність розрахунку систем.

Лекція № 12 (2 год.). Особливості розподілення повітря у приміщеннях. Вимоги комфорту та санітарії.

Джерела інформації: [1], § 6.3-§ 6.5.

Лекція № 13 (2 год.). Повітророзподільники. Їх будова. Особливості установа. Температурні та швидкісні градієнти.

Джерела інформації: [1], § 6.6., § 7.4, § 7.5.

Лекція № 14 (2 год.). Послідовність розрахунків систем комфортного та технологічного призначення.

Джерела інформації: [1], § 7.1, § 7.4, § 10.3.

Змістовий модуль 4. Теплообмінні процеси у апаратах. Розрахунок апаратів

Тема 4.1. Теплопередача через ребристу поверхню

Лекція № 15 (2 год.). Типи теплообмінних апаратів. Їх технічні характеристики. Теплопередача через ребристу поверхню. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі.

Джерела інформації: [1], § 8.1, § 8.2.

Тема 4.2. Теплообмін при кипінні та конденсації

Лекція № 16 (2 год.). Теплообмін при кипінні у трубках та на поверхні.

Джерела інформації: [1], § 8.3- § 8.4.

Лекція № 17 (2 год.). Теплообмін при конденсації у трубках та на поверхні теплообмінника.

Джерела інформації: [1], § 8.3, § 8.5.

Тема 4.3. Розрахунок теплообмінних апаратів та зволожувачів

Лекція № 18 (2 год.). Методика розрахунку теплообмінних апаратів. Розрахунок зволожувачів з водою та парою.

Джерела інформації: [1], § 9.1, § 9.3.

Змістовий модуль 5. Компонівка кондиціонерів, аеродинамічний розрахунок та основи автоматизації роботи кондиціонерів

Тема 5.1. Компонівка кондиціонерів, аеродинамічний розрахунок

Лекція № 19 (2 год.). Особливості устрою та компонентів кондиціонерів різного призначення

Джерела інформації: [1], § 10.1.

Лекція № 20 (2 год.). Аеродинамічний розрахунок кондиціонерів центральних, автономних та місцевих.

Джерела інформації: [1], § 10.2, § 10.3.

Тема 5.2. Розрахунок ізоляції кондиціонера

Лекція № 21 (2 год.). Розрахунок ізоляції кондиціонера.

Джерела інформації: [1], § 10.2.

Лекція № 22 (2 год.). Розрахунок теплових повітропроводів розподілу повітря.

Джерела інформації: [2], § 47, § 48.

Тема 5.3. Основи автоматизації роботи установок кондиціонування

Лекція № 23 (2 год.). Принципи регулювання основних параметрів роботи кондиціонера та установки. Основи автоматизації роботи установок кондиціонування, схеми.

Джерела інформації: [1], § 16.1, § 16.2.

3.2. Практичні заняття

Метою циклу практичних занять є засвоєння змісту основних питань, які виникають на різних етапах проектування

обладнання систем кондиціювання комфортного та технологічного призначення промислового і транспортного типу або науково-дослідного з використанням газо-дихальної суміші.

Практичне заняття № 1 Приклади технологічних блок-схем комфортного кондиціювання.

Мета – вивчення блок-схем комфортного кондиціювання повітря та їх призначення.

Джерела інформації: [1], § 1.2.

Практичне заняття № 2 Приклади блок-схем технічного кондиціювання повітря. Санітарно-гігієнічні нормативи до повітряного середовища.

Мета – вивчення блок-схем технічного кондиціювання повітря, осушення та інертних газів та нормативів до навколишнього середовища.

Джерела інформації: [1], § 1.3.

Практичне заняття № 3 Теплообмін газ-вода. Основне рівняння, засоби зволоження та осушення.

Мета – вивчення особливостей тепло- та масообміну між газом та водою, основного рівняння газ-вода, засобів зволоження та осушення.

Джерела інформації: [1], § 3.3, § 4.1.

Практичне заняття № 4 Схеми кондиціювання з регенерацією та у системах технічного кондиціювання.

Мета – вивчення схем кондиціювання з регенерацією складу повітря та використання регенерації тепла у системах тепловологісного кондиціювання.

Джерела інформації: [1], § 5.1, § 5.4.

Практичне заняття № 5 Повітророзподілення. Послідовність розрахунку систем.

Мета – вивчення конструкцій елементів систем, повітророзподільників та трубопроводів, повітророзподільників та послідовності розрахунку систем.

Джерела інформації: [1], § 6.5, § 6.6.

Практичні заняття № 6 Теплопередача через ребристу поверхню.

Мета – вивчення конструкцій теплообмінних агрегатів, їх особливостей та теплопередачі через ребристу поверхню.

Джерела інформації: [1], § 8.1, § 8.2.

Практичні заняття № 7 Розрахунок теплообмінних апаратів та зволожувачів

Мета – ознайомлення з методикою розрахунку теплообмінних апаратів та зволожувачів повітря.

Джерела інформації: [1], § 9.1, § 9.4.

Компоновка кондиціонерів, аеродинамічний розрахунок

Мета – ознайомлення з компоновкою центральних та автономних агрегатів, їх аеродинамічним розрахунком.

Джерела інформації: [1], § 10.1, § 10.3.

Практичне заняття № 8 Розрахунок ізоляції кондиціонерів.

Мета – ознайомлення з методикою розрахунку ізоляції.

Джерела інформації: [1], § 10.2, § 10.3; [2], § 47, § 48.

Основи автоматизації роботи установок кондиціонування

Мета – вивчення схем автоматизації центрального та автономного кондиціонерів та їх елементів.

Джерела інформації: [1], § 16.1, § 16.2, § 16.4.

3.3. Лабораторні заняття

Цикл лабораторних робіт має на меті засвоєння студентами конструкцій обладнання суднових систем кондиціонування та основ розрахунків систем комфортного та технологічного призначення.

Лабораторна робота № 1 Приклади технологічних блок-схем комфортного кондиціонування.

Мета – знайомство з санітарно-гігієнічними та фізіологічними основами кондиціонування повітря для комфортного кондиціонування.

Джерела інформації: [6], § 1.

Лабораторна робота № 2 Схеми кондиціювання з регенерацією та у системах технічного кондиціювання.

Мета – визначення вологості повітря та інших параметрів у лабораторних умовах для схем комфортного та технічного кондиціювання.

Джерела інформації: [6], § 2.

Тема 3.3. Повітророзподілення. Послідовність розрахунку систем.

Лабораторна робота № 3 Повітророзподілення. Послідовність розрахунку систем.

Мета – вивчення конструкцій суднового обладнання систем.

Джерела інформації: [1], § 6.4.

Лабораторна робота № 4, № 5 Розрахунок теплообмінних апаратів та зволожувачів.

Мета – знайомство з теплообмінними апаратами кондиціонерів та повітророзподільників. Розрахунок апаратів та зволожувачів.

Джерела інформації: [6], § 4.

Лабораторна робота № 6, № 7 Компоновка судових кондиціонерів, аеродинамічний розрахунок.

Мета – Аеродинамічний розрахунок кондиціонера для прийнятої компоновки теплообмінних апаратів та зволожувачів.

Джерела інформації: [6], § 4, [7], § 1.

Тема 5.2. Розрахунок ізоляції кондиціонера.

Лабораторна робота № 8 Розрахунок ізоляції кондиціонера.

Мета – вивчення розрахунку ізоляції кондиціонера та схеми автоматизації його роботи.

Джерела інформації: [7], § 1; [6], § 4.

3.4. Курсовий проект

Мета виконання курсового проекту з дисципліни "Установки кондиціювання" – є закріплення набутих навичок засвоєння методів та опанування методиками розрахунків обладнання установок кондиціювання та установки в цілому.

Курсовий проект включає такі розділи:

- вибір типу схеми, прийняття похідних та додаткових даних, технологічної схеми обробки повітря;
- побудову циклів обробки;
- визначення технічних характеристик агрегатів кондиціювання;
- виконання теплових та газодинамічних розрахунків, підбір основного та допоміжного обладнання;
- розробка питань автоматизації роботи установки, написання розрахунково-пояснювальної записки;
- розробка схеми установки з приладами автоматизації, загального вигляду агрегату кондиціювання; креслення теплообмінника та повітророзподільника (разом 4 аркуші формату А1).

4. ПИТАННЯ ДЛЯ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАЬ СТУДЕНТІВ

Модуль 1. Основи кондиціювання. Засоби обробки повітря та процеси тепловологісної обробки повітря. Технологічні схеми.

Змістовий модуль 1. Вступ. Характеристики засобів обробки повітря та санітарно-гігієнічні основи кондиціювання.

1. Класифікаційна схема понять засобів обробки.
2. Технологічна блок-схема комфортного кондиціювання для транспортного судна.
3. Технологічна схема для судна з частковою герметизацією.
4. Технологічна схема технічного кондиціювання повітря.
5. Схема осушення повітря твердим поглиначем.
6. Схема осушення з використанням розчинів.
7. Схема з механічним осушенням.
8. Схема з використанням термічного осушення.
9. Схема обробки інертних газів на судах.
10. Гігієнічні нормативи до повітряного середовища.

Змістовий модуль 2. Процеси тепловологісної обробки повітря та технологічні схеми

1. Рівняння для теплообміну газ-вода.
2. Засоби зволоження повітря.
3. Засоби осушення повітря.
1. Схема та цикл літнього кондиціювання.
2. Схема та цикл зимнього кондиціювання.
3. Схема кондиціювання з регенерацією для комфортного та технічного призначення.

Модуль 2. Теплообмінні процеси у апаратах. Конструктивна будова систем та розрахунок судових систем. Компонівка кондиціонерів.

Змістовий модуль 3. Конструктивна будова систем та обладнання. Розрахунок суднових систем.

1. Вимоги до суднових систем.
2. Схеми найбільш поширених систем суднового призначення.
3. Схеми систем для стаціонарних об'єктів.
4. Схеми повітророзподілення в приміщенні.
5. Конструкції повітророзподільників та повітропроводів.
6. Розрахунок теплових втрат в кондиціонерах та повітропроводах.

7. Розрахунок аеродинамічного опору повітропроводів.
8. Загальний порядок розрахунку систем кондиціонування.

Змістовий модуль 4. Теплообмінні процеси у апаратах. Розрахунок апаратів.

1. Визначення коефіцієнта теплопередачі газів.
2. Рівняння теплообміну при кипінні.
3. Рівняння теплообміну при конденсації.
4. Порядок конструктивного розрахунку теплообмінника.
5. Розрахунок зволожувачів.

Змістовий модуль 5. Компоновка кондиціонерів, аеродинамічний розрахунок та основи автоматизації роботи кондиціонерів.

1. Компоновка центральних кондиціонерів.
2. Компоновка автономних кондиціонерів.
3. Особливості компоновки кондиціонерів промислового призначення.
4. Схема аеродинамічного розрахунку кондиціонера.
5. Схема розрахунку теплоізоляції кондиціонера.
6. Схема регулювання температури та вологості у кондиціонері.
7. Принципова схема автоматизації роботи.

5. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

Самостійна робота студента передбачає проробку лекційного матеріалу, підготовку до проведення практичних занять, опрацювання окремих питань тем змістових модулів, необхідних для виконання розділів курсового проекту, підготовку до поточного (модульного) контролю знань.

Студенти заочної форми навчання протягом семестру виконують контрольну роботу, яка складається з двох частин: теоретичної, яка містить відповіді на три питання (див. розд. 6) та практичної, подібної за змістом до контрольної роботи з теми курсового проекту.

Нижче для прикладу наведено варіанти контрольної для кожного з змістових модулів 2 та 3.

- 1.1. Для прийнятої технологічної схеми обробки повітря побудувати процеси обробки на d, I діаграмі, використовуючи наведені похідні дані;
- 1.2. Визначити необхідну продуктивність та напір вентилятора установки;
- 1.3. Визначити теплові навантаження на апарати кондиціювання та їх необхідні технічні характеристики;
- 2.1. Визначити для прийнятої схеми обробки інертних газів після побудови процесів обробки інертних газів продуктивність та напір газо-нагнітача;
- 2.2. Визначити теплові навантаження на агрегати обробки інертних газів та їх технічні характеристики для заданої схеми обробки і прийнятих похідних даних.

6. ТИПОВІ ПИТАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

1. Блок-схема комфортного кондиціювання повітря (одноканальна).
2. Блок-схема технічного кондиціювання повітря у трюмах суден.
3. Схема осушення з використанням твердого поглинача та процеси обробки на d, I діаграмі.
4. Схеми механічного осушення повітря в турбіні та процеси обробки.
5. Схема осушення рідинним поглиначем та процеси обробки на d, I діаграмі.
6. Схема обробки інертних газів у наливних суднах та процеси на d, I діаграмі.
7. Визначення теплових навантажень на обладнання систем комфортного кондиціювання.
8. Визначення теплових навантажень для обладнання для обробки інертних газів.
9. Визначення теплових навантажень для обладнання різних варіантів осушення.
10. Теплопередача через ребристу поверхню.
11. Схема поверхневого теплообмінника (ТО).
12. Схема розрахунку поверхневого ТО без зміни агрегатного стану тепло холодоносія.
13. Схема розрахунку поверхневого ТО зі зміною агрегатного стану.
14. Рівняння теплового балансу ТО.
15. Визначення аеродинамічного опору теплообмінника.
16. Використання зволожувачів та нагрівачів у агрегатах кондиціювання.
17. Фільтри для повітря, їх характеристики.

18. Використання термосифонів та рекуперативних ТО.
19. Визначення аеродинамічного опору кондиціонера.
20. Схеми використання контактних апаратів (КА).
21. Принципи розрахунку КА різного типу.
22. Тепловий баланс КА.
23. Конструктивні схеми кондиціонерів.
24. Устрій елементів схем осушення повітря.
25. Склад обладнання для обробки інертних газів.
26. Вибір технологічних схем для комфортного кондиціонування повітря.
27. Вибір технологічних схем технічного кондиціонування повітря.
28. Вибір технологічних схем осушення повітря.
29. Схема регулювання параметрів повітря за кондиціонером.
30. Схема конструктивного устрою обладнання для обробки ГДС.
31. Принципова схема обробки ГДС у герметизованих суднах.
32. Визначення результуючої температури для оцінки стану комфорту.
33. Фізико-механічні основи збереження якості продукції.
34. Розрахунок парових, водяних та електричних доводчиків.
35. Схема та процеси кондиціонування двоканального типу.
36. Схема та процеси одноканальних систем з доводчиками водяними та електричними.
37. Визначення параметрів вентилятора схем осушення повітря.
38. Визначення повітропродуктивності в схемах осушення повітря.

7. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

В якості наочного матеріалу під час лекційних та практичних занять, консультацій з курсового проекту використовуються плакати та проспекти фірм-виробників обладнання кондиціонуючої техніки та зразки обладнання, які знаходяться у спеціалізованих аудиторіях 51 та 73, та в методичних матеріалах кафедри.

Для поглибленого вивчення дисципліни рекомендується систематичне опрацювання фахових журналів "Холодильная техніка", "Холодильная техніка та технологія", "Судостроение и ремонт", "Судостроение".

Для підвищення якості виконання індивідуального завдання (з курсового проекту) слід проводити групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час проведення контрольних заходів рівень засвоєння змістового модуля оцінюється шляхом проведення модульної контрольної роботи (МКР) та опитування питань за переліком.

8. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПОЛОЖЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Мета виконання курсового проекту з дисципліни "Установки кондиціювання" – є закріплення набутих навичок засвоєння методів та опанування методиками розрахунків обладнання установок кондиціювання та установки в цілому.

В якості об'єкта розробки пропонується комфортна або технічна установка кондиціонування суднового (або стаціонарного) призначення, для якого задано загальне теплове навантаження та необхідні параметри. Проект включає розрахункові та конструкторські роботи, які характеризують комплекс ескізного та робочого етапів проектування. По обраній технологічній схемі обробки повітря (газу) визначаються конструктивна схема кондиціонера та його елементів, виконуються теплові, конструктивні та аеродинамічні розрахунки апаратів та газопроводів. Розробляється конструкція теплообмінника кондиціонера чи агрегату (загальний вигляд) та принципова схема установки з елементами автоматизації, блок-схема комплексу з забезпечуючим теплоенергетичним обладнанням, конструктивна схема газорозподільника.

В обсяг проекту входить розрахунково-пояснювальна записка на 24–30 сторінках та 4 аркуші креслення. Орієнтовний час виконання проекту 80–100 годин.

Перелік тем курсових проектів наведено нижче.

1. Проект установки комфортного кондиціонування транспортного судна.
2. Проект установки комфортного кондиціонування підводного науково-дослідного човна.
3. Проект установки технічного кондиціонування повітря у трюмі або коморі.
4. Проект установки осушення повітря з твердим поглиначем.

5. Проект установки осушення повітря з рідким поглиначем.

6. Проект установки осушення повітря термічним або механічним засобом.

7. Проект установки для кондиціювання інертних газів.

Далі наведено бланк завдання на виконання проекту. Робота над проектом та контроль за нею здійснюються поетапно: *перший етап* – вибір та обґрунтування технологічної схеми обробки газового середовища, побудова процесів обробки та тепловолінійні розрахунки циклу обробки газового середовища (пп.1.1, 1.2 завдання); *другий етап* – вибір та обґрунтування конструктивних схем всіх апаратів та механізмів, їх теплові та конструктивні розрахунки: (пп.1.3, 1.4 завдання); *третій етап* – аеро- та гідродинамічні розрахунки апаратів агрегату та систем (пп.1.5-1.7 завдання); *четвертий етап* – опис та системи його пристроїв з елементами автоматизації, виконання принципової схеми обробки газового середовища в агрегаті та теплоенергопостачання, конструктивного креслення заданого апарата системи агрегату (пп.1.6, 2.1-2.2 завдання), *п'ятий етап* – виконання розрахунків теплових втрат газопроводів та оцінки якості газо розподілення у приміщенні (пп.1.7, 1.8, 2.4)

Виконаний курсовий проект захищається студентом перед комісією, призначеною завідуючим кафедрою в строк, призначений в завданні на проектування.

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Кафедра кондиціонування та рефрижерації

ЗАВДАННЯ

на виконання курсового проекту з дисципліни
"УСТАНОВКИ КОНДИЦІОНУВАННЯ"

Розробити установку для кондиціонування _____ за такими даними:

1. Тип та водозміщення судна, на якому встановлений агрегат _____
2. Район плавання _____
3. Тип обробляємого середовища _____
4. Параметри суднового теплоносія _____
холодоносія _____
5. Кількість людей (трюмів), які обслуговуються агрегатом _____
6. Сумарні тепло- та вологоприпливи _____
тепловтрати та вологоприпливи _____
7. Параметри газового середовища _____
у приміщенні _____
на виході з агрегату _____
8. Тиск газового середовища в приміщенні _____
9. Розміри каюти (або приміщення): $L =$; $B =$; $H =$ (м)

ЗМІСТ ТА ОБСЯГ РОБОТИ

1. Розрахунково-пояснювальна записка

- 1.1. Вибір та обґрунтування технологічної схеми.
- 1.2. Побудова процесів обробки та тепловологісні розрахунки для каюти.
- 1.3. Вибір та обґрунтування конструкцій апаратів та механізмів агрегату.
- 1.4. Теплові та конструктивні розрахунки апаратів та механізмів.

- 1.5. Аеродинамічний та гідродинамічний розрахунки апаратів та газопроводів.
- 1.6. Опис принципової схеми агрегату та його пристроїв для автоматизації роботи.
- 1.7. Розрахунок теплових втрат у газопроводах.
- 1.8. Оцінка якості газорозподілення у приміщенні.

2. Графічна частина

- 2.1. Принципова схема обробки газового середовища з урахуванням автоматизації.
- 2.2. Складальне креслення кондиціонера або агрегату (Ф.24).
- 2.3. Блок-схема установки з забезпечуючим теплоенергообладнанням (Ф.22).
- 2.4. Креслення газо розподільника (Ф.24).

Завдання видано " " _____ 20 р.

Термін захисту " " _____ 20 р.

Виконавець студент _____

Керівник проекту _____

**Завідуючий кафедрою
професор**

Радченко М.І.

9. РОБОТА НАД ПРОЕКТОМ

Починаючи виконання проекту, студент повинен ознайомитися з загальними вимогами, які існують до агрегатів систем кондиціювання газових середовищ для заданого типу судна або стаціонарного об'єкту, та їх головними техніко-експлуатаційними характеристиками.

Треба відмітити, що при заповненні бланків завдання ряд величин можуть не задаватися чисельними значеннями, в цьому випадку студент повинен вибрати та обґрунтувати ці величини. Вибір та обґрунтування технологічної схеми обробки газового середовища в агрегаті виконуються на базі техніко-експлуатаційних та економічних показників заданого типу судна або об'єкта стосовно умов їх плавання або цільового призначення.

1. Принципова схема обробки газового середовища з описом окремих процесів повинні бути наведені в розрахунково-пояснювальній записці. Параметри зовнішнього повітря та заборотної води при необхідності їх використання в розрахунках, наведені в п.2.1 для заданого району плавання судна. Параметри повітря та ступінь рециркуляції його в агрегаті (або кількість свіжого повітря) приймаються згідно даних санітарно-гігієнічних нормативів для повітряного середовища судових приміщень (або інших) та техніко-економічних показників [1, 3]. Необхідно підкреслити, що вибір величин зовнішніх та внутрішніх параметрів газового середовища має значний вплив на техніко-економічні показники установки, в яку входить агрегат, що проектується; так як в основному цими параметрами визначаються теплові навантаження на апарати агрегату.

2. Побудова процесів газового середовища виконується на d-I діаграмі з урахуванням прийнятої технологічної схеми

обробки в агрегаті, параметрів середовища в приміщенні і навколишнього, величин тепло- та вологоприпливів в суднові приміщення влітку, тепловтрат та вологоприпливів взимку, ступінь рециркуляції повітря та його параметрів. Порядок побудови процесів обробки повітря та довідні матеріали наведені в [1, 3, 4, 8, 9]. При побудові процесів обробки повітря необхідно задатися величиною їх підігріву в вентиляторі, котру в першому наближенні оцінюють тиском, який розвиває вентилятор (або нагрівач), Тиск вентилятора складається з аеродинамічного опору кондиціонера, повітропроводів та необхідного надлишкового тиску повітря в приміщенні або трюмі. Приблизно величину тиску повітря в вентиляторі можна прийняти рівною 1000-4000 Па. Величина підігріву повітря орієнтовно складає один градус на кожні 1000 Па. Після побудови процесів обробки визначаються витрати повітря (якщо не були задані) у всі приміщення згідно заданих теплоприпливів або тепловтрат як на літньому, так і зимовому режимі та вибирається кількість агрегатів (кондиціонерів). Слід зауважити, що витрати повітря (тобто повітропродуктивність вентиляторів) приймається згідно більшої величини, необхідної для забезпечення одного з двох режимів: літнього та зимового. Тому при необхідності уточнюються процеси обробки для того режиму, для якого витрати повітря при розрахунку були меншими. Далі визначаються теплові навантаження на теплообмінні апарати агрегату, витрати необхідних тепло- та холодоносіїв, води (пари) для зволоження повітря в зимовому режимі, теплопродуктивність агрегату, холодопродуктивність агрегату та холодильної машини.

3. На цьому етапі згідно з прийнятою технологічною схемою обробки повітря виконується вибір та обґрунтування конструктивних схем всіх апаратів та механізмів, які

входять до складу агрегату (наприклад: вентиляторів, охолодників, нагрівачів, зволожувачів, фільтрів, каплеуловлювачів, пристроїв автоматики кондиціонера). Тут визначаються типи нагнітача, їх привід, приймаються характеристики елементів теплообмінних поверхонь, взаємна конструктивна компоновка цих апаратів в агрегаті [1, 2, 3, 4, 9]. Для загальної оцінки якості компоновки агрегату використовуються показники, наведені в [1, 2, 3]. При Розробці конструктивної компоновки слід враховувати вимоги технологічності виготовлення, зручності складання та монтажу агрегату. Етап завершується розробкою складального ескізу агрегату.

4. Після цього можна приступати до виконання теплових та конструктивних розрахунків всіх апаратів та механізмів: як правило, вентилятор або нагнітач підбирають згідно з його визначеною повітропродуктивністю та прийнятим раніше тиском. В випадку необхідності розрахунку вентилятора визначаються основні геометричні розміри проточної частини. Методика теплових та конструктивних розрахунків апаратів агрегату в залежності від їх призначення наведені в [1, 3, 8]. Кінцевою метою розрахунків являється одержання конкретних конструктивних розмірів всіх апаратів агрегату, які дозволяють перейти, в подальшому, до конструювання агрегату в цілому. Крім того, визначаються розміри всіх прохідних площин повітря в агрегаті, патрубків на вході та виході тепло- холодоносіїв, повітропроводів згідно з прийнятими конструктивними компоновками та швидкостями руху середовищ. Цей етап робіт найбільш відповідальний, так як всі недоліки компоновки будуть приводити до зниження показників якості агрегату, який розроблявся (маси, габаритів, надійності, витрат потужності, технологічності та інших).

5. Метою наступного етапу робіт є визначення аеродинамічного опору апаратів агрегату та гідравлічного опору

при русі тепло- та холодоносіїв [1, 3, 8]. Для їх проведення використовується прийнята конструктивна компоновка апаратів в агрегаті з конкретними розрахунковими розмірами, одержаними в попередньому етапі, з урахуванням вхідних та вихідних патрубків, а також змін форм усіх камер та каналів руху повітря в агрегаті. Таким чином, тільки після виконання аеродинамічного розрахунку агрегату можливо уточнити вірність вибору тиску вентилятора для об'єкту, який проектується. При гідравлічних розрахунках апаратів агрегату необхідно визначити величини втрат тиску при русі робочого середовища в ньому, які будуть використані в подальшому для підбору усіх насосів, обслуговуючих апарати (з відомих витрат рідини через апарат і тиску, який враховує втрати тиску як у апараті, так і трубопроводах подачі та розподілу рідини з необхідним запасом). Вибір конкретного типу насоса завершує цей етап роботи.

6. Далі при прийнятій схемі розташування повітропроводів визначається їх аеродинамічний опір на магістралі від кондиціонера до повітророзподільника каюти (або приміщення). Після цього визначаються сумарні теплові втрати на ділянці газопроводу при прийнятій товщині ізоляційного шару та величина підігріву припливного повітря (влітку) від кондиціонера до газо розподільника. Після виконання креслення повітро-(газопроводу) проводиться розрахунок якості розподілення повітря у каюті або трюмі [1].

7. Завершальним етапом являється опис розробленої принципової схеми агрегату та системи його устроїв з елементами автоматизації і роботи з урахуванням існуючих рекомендацій [1, 3]. Тут потрібно описати не тільки схему агрегату з розрахованими апаратами, але й усі вузли та системи, які входять до складу агрегату. Далі необхідно навести та описати найбільш підходящу схему регулювання параметрів

роботи, контролю, сигналізації та управління процесами роботи агрегату на головних режимах. Виконання графічної частини слід починати з принципової схеми обробки середовища з урахуванням автоматизації. Конструкторські навички студента повинні проявитись при виконанні складального креслення агрегату, до якого ставиться ряд характерних вимог (компактність, мінімальні масогабаритні показники, естетичність, зручність складання, монтажу, експлуатації та ремонту).

Пропонується виконати в проекті або конструктивне креслення агрегату, або креслення одного з апаратів агрегату, наприклад, охолодника або нагрівача (на рівні технічного або робочого) з конструктивно-технологічною проробкою повітро- або газорозподільника [1, 3]. При виконанні креслення доцільно використовувати і враховувати досвід вітчизняних та зарубіжних підприємств та фірм, а також навички студентів, одержані при раніше виконаних проектах.

10. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО КОНТРОЛЮ

Змістовий модуль № 1. Вступ. Характеристики засобів обробки повітря та санітарно-гігієнічні основи кондиціювання.

1. Класифікаційна схема понять засобів обробки.
2. Технологічна блок-схема комфортного кондиціювання для транспортного судна.
3. Технологічна схема для судна з частковою герметизацією.
4. Технологічна схема технічного кондиціювання повітря.
5. Схема осушення повітря твердим поглиначем.
6. Схема осушення з використанням розчинів.
7. Схема з механічним осушенням.
8. Схема з використанням термічного осушення.
9. Схема обробки інертних газів на судах.
10. Гігієнічні нормативи до повітряного середовища.

Змістовий модуль № 2. Процеси тепловологісної обробки повітря та технологічні схеми

1. Рівняння для теплообміну газ-вода.
2. Засоби зволоження повітря.
3. Засоби осушення повітря.
4. Схема та цикл літнього кондиціювання.
5. Схема та цикл зимнього кондиціювання.
6. Схема кондиціювання з регенерацією для комфортного та технічного призначення.

Змістовий модуль № 3. Конструктивна будова систем та обладнання. Розрахунок суднових систем.

1. Вимоги до суднових систем.
2. Схеми найбільш поширених систем судового призначення.
3. Схеми систем для стаціонарних об'єктів.
4. Схеми повітророзподілення в приміщенні.

5. Конструкції повітророзподільників та повітропроводів.
6. Розрахунок теплових втрат в кондиціонерах та повітропроводах.

7. Розрахунок аеродинамічного опору повітропроводів.

8. Загальний порядок розрахунку систем кондиціювання.

Змістовий модуль № 4. Теплообмінні процеси у апаратах. Розрахунок апаратів.

1. Визначення коефіцієнта теплопередачі газів.

2. Рівняння теплообміну при кипінні.

3. Рівняння теплообміну при конденсації.

4. Порядок конструктивного розрахунку теплообмінника.

5. Розрахунок зволожувачів.

Змістовий модуль № 5. Компоновка кондиціонерів, аеродинамічний розрахунок та основи автоматизації роботи кондиціонерів.

1. Компоновка центральних кондиціонерів.

2. Компоновка автономних кондиціонерів.

3. Особливості компоновки кондиціонерів промислового призначення.

4. Схема аеродинамічного розрахунку кондиціонера.

5. Схема розрахунку теплоізоляції кондиціонера.

6. Схема регулювання температури та вологості у кондиціонері.

7. Принципова схема автоматизації роботи.

11. ПИТАННЯ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Конструктивні особливості та розрахунок теплообмінників систем кондиціонування.

2. Схеми вентиляції МКВ суден, розрахунок витрат припливного повітря в них.

3. Особливості теплопередачі через ребристу поверхню теплообмінників СКП.

4. Оцінка надійності елементів СКП та систем в цілому.

5. Особливості розрахунку процесів абсорбції та десорбції, зображення процесів на d, I діаграмі.

6. Схеми комплексу СКП з забезпечуючим теплоенергетичним обладнанням.

7. Зміст основних етапів проектування СКП.

8. Загальні принципи побудови систем автоматизованого проектування СКП.

9. Визначення теплових та аеродинамічних характеристик обладнання кондиціонерів для прийнятої технологічної схеми.

10. Особливості аеродинамічного розрахунку повітропроводу СКП. Використання комп'ютерної техніки для оптимізаційних розрахунків повітропроводу.

11. Розрахунок тепловіддачі від повітря до поверхні теплообмінників гладкотрубних та з ребрами.

12. Особливості будови апаратів для комплексної обробки повітря та ДГС. Схема комплексної обробки повітря та процеси обробки на d, I діаграмі.

13. Вибір схем подачі повітря та його циркуляції у трюмах суден.

14. Використання систем кондиціонування з ПТКК та ПОВК, їх особливості та процеси обробки повітря на d, I діаграмі.

15. Класифікація та конструкція фільтрів. Розрахунок механічних фільтрів.

16. Визначення характеристик нагнітачів систем комфортного кондиціювання, осушення повітря, інертних газів.
17. Засоби регулювання вологості у суднових приміщеннях.
18. Особливості схем регенерації повітря та ДГС для систем кондиціювання герметичних відсіків.
19. Основні залежності для розрахунку теплопередачі через ребристу поверхню.
20. Оцінка надійності систем кондиціювання. Особливості нестационарних режимів роботи систем кондиціювання.
21. Розрахунок ПО з розсільним охолодженням.
22. Особливості тепломасообмінних процесів у контактних апаратах систем кондиціювання: зволожувачів, абсорберів, десорберів, теплообмінників.
23. Схеми та процеси комфортного кондиціювання для герметичних приміщень суден.
24. Особливості теплообміну хладону, тепло- холодоносія в апаратах систем кондиціювання зі зміною та без зміни агрегатного стану.
25. Визначення продуктивності систем вентиляції різних суднових приміщень. Обладнання систем вентиляції.
26. Схеми та процеси комфортного кондиціювання повітря на d, I діаграмі для літнього та зимового режимів двоканальних систем.
27. Гідравлічний розрахунок ПО з розсільним охолодженням.
28. Конструкції та розрахунки контактних апаратів систем кондиціювання повітря.
29. Схема комплексу СКП з теплоенергетичним обладнанням, їх особливості та використання при розрахунках.
30. Особливості блок-схем автоматичного регулювання параметрів повітря за кондиціонером.
31. Розрахунок припливів газів пари та аерозолів у суднові приміщення.

32. Особливості блок-схем технологічного кондиціювання повітря та інертних газів на суднах.

33. Вимоги до ізоляційних матеріалів та їх конструкцій. Визначення мінімальної товщини суднової ізоляції.

34. Головні рівняння тепло- та масообміну між газом та водою.

35. Особливості компоновки суднових кондиціонерів. Принципи визначення їх аеродинамічного опору.

36. Класифікація та конструктивні схеми повітророзподільників, вимоги до них.

37. Розрахунок електронагрівачів та парових зволожувачів.

38. Діаграма d, I для вологих газів та різного тиску. Зображення процесів та їх розрахунок.

39. Компоновка суднових кондиціонерів та оцінка їх досконалості.

40. Необхідність використання ДГС для барокомплексів у системах комфортного кондиціювання. Принципові схеми кондиціювання, їх особливості, процеси обробки на d, I діаграмі.

41. Особливості теплообміну вологого повітря та зовнішньої ребристої поверхні охолодника.

42. Аналіз схем та процесів варіантів осушення повітря на d, I діаграмі.

43. Аеродинамічний розрахунок поверхневих теплообмінників.

44. Принципи визначення раціональних типів систем комфортного та технологічного кондиціювання повітря та газів. Методи оцінки ефективності суднових систем кондиціювання.

45. Конструкції та розрахунок водяних зволожувачів повітря.

46. Особливості систем інертних газів, процеси обробки на d, I діаграмі та їх проектування.

47. Розрахунок аеродинамічного опору кондиціонерів.

48. Особливості будови повітророзподільників, їх розрахунок та оцінка якості повітророзподілення у приміщенні.

49. Особливості тепломасообміну вологого повітря із зрошувальною насадкою.

50. Принципи вибору технологічних схем комфортного кондиціювання повітря, побудова процесів обробки на d, I діаграмі та розрахунок теплових навантажень на апарати систем.

51. Компонувачний розрахунок ПО із безпосереднім охолодженням.

52. Необхідність та особливості схем регенерації повітря та ДГС на герметизованих суднах, відсіках та водолазних комплексах.

53. Особливості аеродинамічних розрахунків скрубєрів.

54. Особливості проектування суднових систем вентиляції. Підбір необхідного обладнання.

55. Розрахунок парових та водяних нагрівачів.

12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Захаров, Ю. В.** Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины [Текст] / Ю. В. Захаров. – СПб. Судостроение, 1994. – 504 с.

2. **Мундингер, А. Л.** и др. Судовые системы вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / А. Л. Мундингер. – Справочное пособие по проектированию. Судостроение. Л., 1974. – 206 с.

3. **Захаров, Ю. В., Андреев, Л. М.** Оборудование судовых систем кондиционирования воздуха [Текст] / Ю. В. Захаров, Л. М. Андреев. – Судостроение. Л., 1971. – 319 с.

4. **Хордас, Г. С.** Техническое кондиционирование воздуха и инертных газов на судах [Текст] / Г. С. Хордас. – Судостроение. Л., 1974. – 264 с.

5. **Чегринцев, Ф. А., Щербак, Ю. Г.** Курсовое проектирование по комплексной обработке воздуха и ГДС на судах [Текст] / Ф. А. Чегринцев, Ю. Г. Щербак. – Методические указания. Изд. НКИ, Николаев, 1981.

6. **Чегринцев, Ф. А., Щербак, Ю. Г.** Методические указания к лабораторным работам по комплексной обработке газовых сред на судах [Текст] / Ф. А. Чегринцев, Ю. Г. Щербак. – Методические указания. Николаев, НКИ, 1992 г.

7. **Чегринцев, Ф. О., Щербак, Ю. Г.** Методичні вказівки до лабораторних робіт по судновим системам кондиціонування [Текст] / Ф. О. Чегринцев, Ю. Г. Щербак. – Методичні вказівки. Миколаїв, УДМТУ, 2000. – 18 с.

8. **Хордас, Г. С.** Расчеты общесудовых систем [Текст] / Г. С. Хордас. – Судостроение. Л., 1983. – 440 с.

9. **Чегринцев, Ф. О.** Основи проектування суднових систем кондиціонування [Текст] / Ф. О. Чегринцев. – Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 104 с.

10. **Голіков, О. А.** Суднові системи кондиціювання повітря [Текст] / О. А. Голіков. – Наукова думка. Київ, 2000. – 224 с.

11. **Ананьев, В. А.** Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика [Текст] / В. А. Ананьев, А. В. Балувев Л. Н., Гальперин и др. – Евроклимат, 2001, – 416 с.

12. **Кокорин, О. Я.** Современные системы кондиционирования воздуха [Текст] / О. Я. Кокорин. – М.: и-во физико-математической литературы. 2003. – 272 с.

13. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден [Текст]. – К. : Регістр судноплавства України, 2002 : в 2 т. Т. 2. – 394 с.